

## Chemical Physics under Extreme Conditions

## 極限状態物性学

### I 極限環境での X 線・レーザー分光

X-ray/laser spectroscopy under extreme conditions

和達大樹・中田勝

Wadati, H. and Nakata, S.

遷移金属化合物に対して、レーザー、放射光、X線自由電子レーザーの時間構造を用い、電荷・スピン・格子のダイナミクス観測を行った。特に、波長 800 nm や 1030 nm の赤外の超短パルスレーザーで励起（ポンプ）し、その後のダイナミクスを X 線や可視・赤外のパルスで観測（プローブ）するようなポンププローブ型測定により、 $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 、 $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ 、 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$  の薄膜試料における電荷とスピンのダイナミクスを明らかにした。また、波長 1030 nm のレーザーを用いて、 $\text{NiCo}_2\text{O}_4$  薄膜において酸化物で初めてのレーザー励起磁化反転を観測した。

さらに、第一原理計算による  $L1_0$  型 FePt の圧縮異常と軌道の効果の研究を行い、これまでの我々の実験結果とよく一致した計算結果を得ることができた。

### II 遷移金属酸化物の新しい電子状態

Novel electronic structures of transition-metal oxides

中田勝・和達大樹

Nakata, S. and Wadati, H.

遷移金属酸化物において、新しい電子状態を探求した。特に、台湾の放射光施設 (Taiwan photon source) において銅酸化物高温超伝導体の共鳴非弾性 X 線散乱測定を行い、電荷励起スペクトルを観測した。実験室においては一軸性圧力装置を用いたユニークなラマン散乱装置の構築を進めた。また実験室 X 線光電子分光装置を用い、コバルト酸化物・ルテニウム酸化物の系統的な電子状態測定を行った。そのほかにも、銅酸化物高温超伝導体の電子状態の実空間不均一性の検証、 $R\text{Bi}_2$  および  $R\text{AgBi}_2$  ( $R = \text{La}, \text{Ce}, \text{Sm}$ ) の角度分解型光電子分光、ルテニウム酸化物の磁気円二色性など、多くの分光測定を実験室・放射光施設で行った。

### III 3D プリンタによる顕微鏡の開発

Development of a microscope using a 3D printer

和達大樹・中田勝

Wadati, H. and Nakata, S.

磁性体の実空間における磁区観察には、光学台や顕微鏡装置などの高価かつ大掛かりな装置が利用されてきた。我々は、3D プリンタ技術により顕微鏡を作る OpenFlexure 顕微鏡をベースとして、片手サイズの磁気光学カー顕微鏡を開発した。特に、静的な磁区観察だけでなく、試料の上部に設置した電磁石により連続可変な磁場の印加を目指した。こうして開発した機構により、今後磁場印加下での様々な磁性試料の磁区観察が期待できる。

#### 発表論文 List of Publications

- I-1** K. Yamamoto, T. Tsuyama, S. Ito, K. Takubo, I. Matsuda, N. Pontius, C. Schüßler-Langeheine, M. Minohara, H. Kumigashira, Y. Yamasaki, H. Nakao, Y. Murakami, T. Katase, T. Kamiya, and H. Wadati: “Photoinduced transient states of antiferromagnetic orderings in  $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$  and  $\text{SrFeO}_{3-\delta}$  thin films observed through time-resolved resonant soft x-ray scattering”, *New J. Phys.* **24** 043012 (2022).
- I-2** Yohei Uemura, Ahmed S. M. Ismail, Sang Han Park, Soonnam Kwon, Minseok Kim, Hebatalla Elnaggar, Federica Frati, Hiroki Wadati, Yasuyuki Hirata, Yujun Zhang, Kohei Yamagami, Susumu Yamamoto, Iwao Matsuda, Ufuk Halisdemir, Gertjan Koster, Christopher Milne, Markus Ammann, Bert M. Weckhuysen, Frank M. F. de Groot, “Hole Dynamics in Photoexcited Hematite Studied with Femtosecond Oxygen K-edge X-ray Absorption Spectroscopy”, *J. Phys. Chem. Lett.* **13**, 19, 4207-4214 (2022).
- I-3** Ryunosuke Takahashi, Takuo Ohkochi, Daisuke Kan, Yuichi Shimakawa, and Hiroki Wadati, “Optically Induced Magnetization Switching in  $\text{NiCo}_2\text{O}_4$  Thin Films Using Ultrafast Lasers”, *ACS Appl. Electron. Mater.* **5**, 2, 748-753 (2023).
- I-4** Ryunosuke Takahashi, Takuo Ohkochi, Daisuke Kan, Yuichi Shimakawa, and Hiroki Wadati: Optically-induced magnetization switching in  $\text{NiCo}_2\text{O}_4$  thin films, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2022) (2022年7月)
- I-5** 和達大樹, 澤田峻輝, 福井宏之, 大村訓史: 第一原理計算による  $\text{L1}_0$  型  $\text{FePt}$  の圧縮異常と軌道の効果の研究, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022 年 9 月)

- I-6** 渡邊浩, 陳奕同, 中村拓人, 立川楨吾, 高橋龍之介, 和達大樹, 玉作賢治, 大沢仁志, 井村敬一郎, 鈴木博之, 佐藤憲昭, 木村真一: 時間分解 X 線散乱を用いた SmS の光誘起相転移ダイナミクスの観測, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022 年 9 月)
- I-7** 和達大樹: 放射光とレーザーを駆使した酸化物磁性のスピンダイナミクス観測, 2022 年第 83 回応用物理学会秋季学術講演会「先端計測と機能性酸化物研究の共進化」シンポジウム (2022 年 9 月)
- I-8** 和達大樹: 磁性体の軟 X 線分光・イメージング, Q-LEAP 第 21 回 ATTO 懇談会 (2022 年 9 月)
- I-9** Hiroki Wadati: Ultrafast spin dynamics in ferromagnetic and antiferromagnetic thin films studied by x-ray and laser, The 12th International Conference on Photonics and Applications (ICPA-12) (2022 年 9 月)
- I-10** 和達大樹: Time-resolved pump-probe measurements of ferromagnetic and antiferromagnetic thin films, 令和 4 年度新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (2022 年 12 月)
- I-11** 高橋龍之介, 山崎未南斗, 中田勝, 吉松公平, 組頭広志, 和達大樹:  $\lambda$ -Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub> 薄膜におけるレーザー誘起超高速相転移, 2023 年第 70 回応用物理学会春季学術講演会 (2023 年 3 月)
- I-12** 大河内拓雄, 高橋龍之介, 藤原秀紀, 高橋宏和, Adam Roma, Parlak Umu, 山本航平, 大沢仁志, 小嗣真人, 塚本新, 和達大樹, 関山 明, M. Schneider Claus, 角田匡清, 菅滋正, 木下豊彦: フェリ磁性 GdFeCo における単純/蓄積的な光誘起偏光依存磁化反転, 2023 年第 70 回応用物理学会春季学術講演会 (2023 年 3 月)
- I-13** 山崎未南斗, 高橋龍之介, 中田勝, 和達大樹: 半導体 Si, GaAs における光励起非平衡ダイナミクスの観測, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023 年 3 月)
- I-14** 高橋龍之介, 山崎未南斗, 中田勝, 吉松公平, 組頭広志, 和達大樹:  $\lambda$ -Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub> 薄膜における光誘起相転移の非平衡ダイナミクスの観測 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023 年 3 月)
- II-1** Yuta Fujita, Kotona Kohaku, Nao Komiyama, Kazuya Ujiie, Hyuma Masu, Takashi Kojima, Hiroki Wadati, Hirofumi Kanoh, Keiki Kishikawa, and Michinari Kohri, “Colorless Magnetic Colloidal Particles Based on an Amorphous Metal-Organic Framework Using Holmium as the Metal Species”, ChemNanoMat 8, e202200078 (2022).
- II-2** Kohei Yamagami, Haruka Yoshino, Hirona Yamagishi, Hiroyuki Setoyama, Arata Tanaka, Ryo Ohtani, Masaaki Ohba, and Hiroki Wadati, “The ligand field in low-crystallinity metal – organic frameworks investigated by soft X-ray core-level absorption spectroscopy”, Phys. Chem. Chem. Phys. **24**, 16680-16686 (2022).

- II-3** Yasushi Hotta, Ryoichi Nemoto, Keisuke Muranushi, Yujun Zhang, Hiroki Wadati, Keita Muraoka, Hiroshi Sakanaga, Haruhiko Yoshida, Koji Arafune, and Hitoshi Tabata, “Carrier injection behaviors from a band semiconductor to strongly correlated electron system in perovskite lanthanum vanadate/silicon junctions”, *Appl. Phys. Lett.* **120**, 232106 (2022).
- II-4** Tomoyuki Yamaguchi, Mario Okawa, Hiroki Wadati, Tom Z. Regier, Tom Saitoh, Yasumasa Takagi, Akira Yasui, Masahiko Isobe, Yutaka Ueda, and Takashi Mizokawa, “Electronic Structure of Spinel-Type  $\text{MgTi}_2\text{O}_4$ : Valence Change at Surface and Effect of Fe Substitution for Mg”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 074704 (2022).
- II-5** M. Onose, H. Takahashi, T. Saito, T. Kamiyama, R. Takahashi, H. Wadati, S. Kitao, M. Seto, H. Sagayama, Y. Yamasaki, T. Sato, F. Kagawa, S. Ishiwata, “Spin-charge coupling and decoupling in perovskite-type iron oxides  $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_{2/3}\text{La}_{1/3}\text{FeO}_3$ ”, *Phys. Rev. Materials* **6**, 094401 (2022).
- II-6** Yujun Zhang, Jiahui Chen, Keisuke Ikeda, Kohei Yamagami, Yue Wang, Yongseong Choi, Akira Yasui, Jing Ma, Yuanhua Lin, Cewen Nan, and Hiroki Wadati, “Synchrotron X-ray spectroscopic study of the antiferromagnetic-ferromagnetic transition in Ni-doped FeRh epitaxial thin films”, *J. Alloys Compd.* **921**, 166080 (2022).
- II-7** Yue Wang, Shun Kajihara, Hideki Matsuoka, Bruno Kenichi Saika, Kohei Yamagami, Yukiharu Takeda, Hiroki Wadati, Kyoko Ishizaka, Yoshihiro Iwasa, and Masaki Nakano, “Layer-Number-Independent Two-Dimensional Ferromagnetism in  $\text{Cr}_3\text{Te}_4$ ”, *Nano Lett.* **22**, 24, 9964-9971 (2022).
- II-8** Wei Xu, Yujun Zhang, Kenji Ishii, Hiroki Wadati, Yingcai Zhu, Zhiying Guo, Qianshun Diao, Zhen Hong, Haijiao Han, and Lidong Zhao, “Experimental and Theoretical Investigation of High-Resolution X-ray Absorption Spectroscopy (HR-XAS) at the Cu K-Edge for  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ ”, *Condens. Matter* 8(1), 8 (2023).
- II-9** S. Nakata: Normal-state charge transport of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.67}$  under uniaxial stress, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2022) (2022年7月)
- II-10** S. Nakata: Doping dependent study of charge ordering phenomena in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  under uniaxial stress, The 12th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2022) (2022年8月)
- II-11** 中田勝: 一軸性圧力下における銅酸化物高温超伝導体の共鳴 X 線散乱, 兵庫県立大学教育研究全学教員集会 (2022年9月)
- II-12** 中田勝, 高橋龍之介, Meng Wang, 賀川史敬, 和達大樹: ペロブスカイト型コバルト酸化物薄膜の X 線光電子分光測定, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022年9月)

- II-13** 谷佳樹, 川島雅哉, 高橋龍之介, 下元直樹, 田原圭志朗, 阿部正明, 吉田弘幸, 和達大樹: X線光電子分光と低エネルギー逆光電子分光による Ru 三核錯体の電子状態の観測, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022 年 9 月)
- II-14** 田口宗孝, 水谷天勇, 佐瀬輝彦, 田中哲, 松岡秀樹, 中野匡規, 和達大樹, 堀場弘司, 北村未歩, 岩佐義宏, 組頭広志, 藤井景子, 吉木昌彦: HAXPES を用いた酸化物薄膜評価, 2022 年 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会「先端計測と機能性酸化物研究の共進化」シンポジウム (2022 年 9 月)
- II-15** 中田勝: 銅酸化物高温超伝導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$  の RIXS, 第 10 回高温超伝導フォーラム (2023 年 3 月)
- II-16** 中田勝, P. Yang, M. E. Barber, K. Ishida, H.-H. Kim, T. Loew, M. Le Tacon, A. P. Mackenzie, D. M. Minola, C. W. Hicks, B. Keimer: 一軸性圧力下における  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.67}$  の常伝導特性, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023 年 3 月)
- II-17** 大槻博哉, 山根悠, 高橋龍之介, 中田勝, 山口明, 住山昭彦, 和達大樹: 非線形光学物質  $\text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12}$  の合成と第二高調波発生, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023 年 3 月)
- III-1** 上坊光輝, 塩川裕斗, 高橋龍之介, 中田勝, 和達大樹: 3D プリンタ技術を用いた磁気光学カー顕微鏡の開発, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022 年 9 月)
- III-2** 上坊光輝, 高橋龍之介, 中田勝, 和達大樹: 3D プリンタを用いた磁気光学カー顕微鏡の開発, 2023 年第 70 回応用物理学会春季学術講演会 (2023 年 3 月)

## 物質科学専攻

博士前期課程

- 谷佳樹 : 正・逆光電子分光による Ru 三核錯体の電子状態の観測  
山崎未南斗 : 時間分解測定による半導体キャリアダイナミクスの観測

## 科学研究費補助金等

- 1 科学研究費補助金 (2019~2023 年度) 新学術領域研究 課題番号: 19H05822  
研究課題 量子液晶の物性科学  
研究代表者 芝内孝禎  
研究分担者 和達大樹
- 2 科学研究費補助金 (2019~2023 年度) 新学術領域研究 課題番号: 19H05824  
研究課題 量子液晶の精密計測  
研究代表者 花栗哲郎  
研究分担者 和達大樹
- 3 科学研究費補助金 (2019~2022 年度) 基盤研究 (B) 課題番号: 19H02594  
研究課題 遷移金属複合アニオン酸化物薄膜の光機能の開発  
研究代表者 近松彰  
研究分担者 和達大樹

- 4 旭硝子財団 若手継続グラント (2020~2022 年度)  
研究課題 スピンドイナミクス解明のための時間空間元素分解軟 X 線カー効果  
の開発  
研究代表者 和達大樹
- 5 ひょうご科学技術協会 学術研究助成 (2022 年度)  
研究課題 高効率に高次高調波を出す固体物質の探索と超高速スピンドイナ  
ミクスへの応用  
研究代表者 和達大樹
- 6 第 38 回 村田学術振興財団 海外派遣援助 (2022 年度)  
研究課題 Normal-state charge transport of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.67}$  under uniaxial  
stress  
研究代表者 中田勝
- 7 海外研究・国際活動等支援事業助成 (兵庫県立大学) (2022 年度)  
研究課題 Doping dependent study of charge ordering phenomena  
in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  under uniaxial stress  
研究代表者 中田勝
- 8 中部電気利用基礎研究振興財団 令和 4 年度助成 国際交流援助 (2022 年度)  
研究課題 Doping dependent study of charge ordering phenomena  
in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  under uniaxial stress  
研究代表者 中田勝
- 9 量子科学技術研究開発機構 - 東北大学 マッチング研究支援事業 (2022~2025 年度)  
研究課題 外場下・空間分解 RIXS による量子物質の相競合の解明  
研究代表者 宮脇淳・鈴木博人  
研究分担者 和達大樹・中田勝